

## Análise Espacial da Mortalidade do Sobreiro em S. Bartolomeu da Serra (Santiago do Cacém)

**Augusta Costa, Helena Pereira e Manuel Madeira**

UTL. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda,  
1349-017 LISBOA

**Resumo.** Avaliou-se a distribuição espacial da mortalidade do sobreiro (*Quercus suber* L.) na área da freguesia de S. Bartolomeu da Serra (Santiago do Cacém), integrada numa região em que ela ocorre com elevada incidência, através de técnicas de detecção remota (SIG), e determinou-se a probabilidade de ocorrência de mortalidade através da aplicação de um modelo de regressão logística. Determinou-se um índice de mortalidade e identificaram-se as unidades fisiográficas com maior probabilidade de mortalidade em três sistemas agro-florestais distintos: floresta de sobreiro (florestas densas), montado de sobreiro tradicional (florestas abertas em sistemas predominantemente agrícolas, com culturas arvenses sob coberto) e incultos (florestas abertas em sistemas predominantemente incultos, com matos sob coberto). A mortalidade do sobreiro é significativamente diferente para os três tipos de sistemas agro-florestais. A mortalidade é influenciada por características físicas da paisagem como o solo, o declive e a exposição. Em solos pouco profundos ou em solos mais compactos, a mortalidade é mais frequente, mostrando a importância do desenvolvimento radicular em profundidade do sobreiro em regiões susceptíveis a extensos períodos de secura.

**Palavras-chave:** *Quercus suber* L., declínio do montado de sobreiro, detecção remota regressão logística, mortalidade do sobreiro

\*\*\*

### Introdução

A secular intervenção humana sobre os sobreirais do sudoeste de Portugal através da criação de espaços agrícolas, da pecuária, do controle da vegetação natural e da subcultura (baseada na mobilização do solo, desbastes, podas e descortiçamento) criou o ecossistema agro-florestal montado de sobreiro, ou seja, um sistema multifuncional em que as árvores, em povoamentos abertos e de baixa densidade, partilham o espaço com a cultura agrícola e/ou pastagem, gerando enorme diversidade de produtos e serviços (PINTO-CORREIRA e MASCARENHAS, 1999).

A gestão do montado de sobreiro está actualmente orientada para a optimização da produção de cortiça, dado o elevado valor económico desta. Porém, apesar desta preponderância de objectivos de gestão, o montado é um sistema heterogéneo ao nível da estrutura de gestão que pode ser mais ou menos intensiva para cada uma das três componentes tradicionais (florestal, agrícola e pecuária), dependendo ainda das condições locais fisiográficas da paisagem (COSTA *et al.*, 2008). Desde o sistema de denso arvoredo orientado para a maximização da produção de cortiça, nas regiões com declives mais acentuados e de solos pobres, até ao sistema essencialmente agrícola, com cultura agrícola/pastagem sob coberto de sobreiros dispersos, caracterizado pela multiplicidade de produtos, esta diversidade intrínseca dos sistemas agro-

florestais pode originar a redução da capacidade produtiva, a falta de regeneração, a decrepitude precoce das árvores e ameaçar a sustentabilidade ecológica do ecossistema agro-florestal.

A decrepitude dos sobreiros foi reportada desde 1890 até meados de 1950 (PIMENTEL, 1953) mas só recentemente, desde o início dos anos 80, a percepção de danos visíveis no arvoredo desencadeou estudos para averiguar as causas do declínio (CABRAL *et al.*, 1993, CADIMA *et al.*, 1995; MONIZ *et al.*, 1996). Apesar de ser um fenómeno complexo, devido a múltiplos factores, primários ou predisponentes e secundários ou oportunistas (CABRAL *et al.*, 1993; THOMAS *et al.*, 2002), há um consenso generalizado sobre a importância da disponibilidade hídrica na mortalidade das árvores dada a semelhança entre os sintomas de declínio e de deficit hídrico crónico (KURZ-BESSON *et al.*, 2006). Embora os sobreiros estejam bem adaptados ao clima mediterrânico (OLIVEIRA *et al.*, 1992; COSTA *et al.*, 2002), a sua distribuição e densidade está relacionada com a disponibilidade hídrica (JOFFRE *et al.*, 1999) e com condições de secura extrema e de hidromorfismo dos solos (DAVID *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2008; KABRICK *et al.*, 2008), em que uma seca prolongada pode agir como um factor predisponente para o declínio dos sobreiros (BRASIER, 1996). Por outro lado, a nível local, as características da paisagem, tais como a litologia, o declive, a exposição e a intensidade de uso da terra (por ex., invasão de matos com porte arbustivo) podem influenciar a vitalidade do arvoredo (MONTERO *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2009a).

A descrição dos padrões espaciais do declínio do sobreiro, ao nível da paisagem, pode proporcionar uma melhor percepção sobre as suas possíveis causas e também sobre a relação entre as características físicas da estação e a mortalidade das árvores. Apesar da inegável importância do sobreiro, a informação existente sobre a vulnerabilidade do ecossistema que o integra e sobre o padrão do declínio que poderiam ser utilizados para este tipo de análise, principalmente em regiões sensíveis às actuais alterações climáticas globais, é ainda empírica e muito escassa.

Neste contexto, caracterizaram-se os padrões espaciais de mortalidade do sobreiro ao nível da paisagem, avaliando-se as características fisiográficas e de uso do solo. Estes resultados poderão ser utilizados para identificar zonas mais sensíveis em que acções de mitigação serão mais necessárias para reduzir a mortalidade nestes ecossistemas mediterrânicos, num cenário alterações climáticas.

## Metodologia

Na freguesia de S. Bartolomeu da Serra (Santiago do Cacém) com um total de 6224 hectares, assente em formações xistentas do Carbónico, representativa da grande mancha de montado de sobreiro no sudoeste Portugal e caracterizada por elevada mortalidade dos sobreiros, avaliou-se a distribuição espacial da mortalidade do sobreiro (*Quercus suber* L.) através de técnicas de detecção remota e de implementação de um Sistema de Informação Geográfico (SIG), com sobreposição e cruzamento de informação sobre características físicas da paisagem (classes de declive, exposição, tipo de solo), características de uso/ocupação do solo (classes de tipo de sistema agro-florestal) e existência ou não de mortalidade do sobreiro.

A correlação entre a mortalidade do sobreiro e as características da paisagem foi avaliada numa amostra aleatória de polígonos classificados em dois grupos, "com mortalidade" e "sem mortalidade", proporcional à gama de variação de atributos da paisagem e à área coberta por cada estrato da paisagem. A análise estatística multivariada da regressão logística (SPSS,

2008) permitiu modelar a informação e seleccionar o conjunto de variáveis independentes que permitem explicar a probabilidade de ocorrência de mortalidade. O modelo de predição de probabilidade de mortalidade foi aplicado a toda a área de estudo e a precisão do modelo foi caracterizada para cada estrato de paisagem considerado.

Na área de estudo, com clima tipicamente mediterrânico com alguma influência atlântica, com uma humidade relativa entre 77% e 84%, uma precipitação média anual de 676 mm e uma temperatura média anual de 15,9°C, identificaram-se duas unidades geomorfológicas: uma plana a pouco ondulada (declives até 15%) na parte central da freguesia e outra muito ondulada com declives suaves e cumeadas arredondadas a planas (dominada por declives até 35%, principalmente junto às linhas de água principais). As formações geológicas da região são dominadas por xistos com estratificação vertical (grauvaques, siltitos e xistos carbonosos) com pequenas áreas de formações sedimentares do Plio-Plistoceno (arenitos com teor variável de argila) (INVERNO *et al.*, 1993). Os solos dominantes sobre os xistos são *Haplic Leptosols* (LPx) e *Epileptic Luvisols* (LVx) e sobre as rochas sedimentares são *Haplic Leptosols* (LPst) e *Haplic Arenosols* (AR) (SROA, 1962; WRB 2006).

A metodologia do trabalho consistiu na identificação por fotointerpretação (em cobertura aérea digital de 2005, com resolução espacial de 0,5 m, ortorrectificada e georreferenciada no Sistema Nacional de Coordenadas - Projecção de Gauss, datum 73 Lisboa) e verificação no campo (entre 2007 e 2008), das áreas ocupadas pelos três sistemas agro-florestais com presença de sobreiro: floresta de sobreiro (área com densidade de sobreiros superior a 20 árvores/ha), montado de sobreiro tradicional (área com densidade de sobreiros entre 5 e 20 árvores/ha e sob-coberto predominantemente agrícola ou pastagem) e incultos (área com densidade de sobreiros entre 5 e 20 árvores por hectare e sob-coberto dominado por matos).

Para a caracterização do declive foram consideradas quatro classes de declive: plano (<5%), suave (5-15%), ondulado (15-35%) e inclinado (>35%) e para a caracterização da exposição foram consideradas cinco classes: Sem dominância, Norte (0°-45° e 315°-360°, Este (45°-135°), Sul (135°-225°) e Oeste (225°-315°).

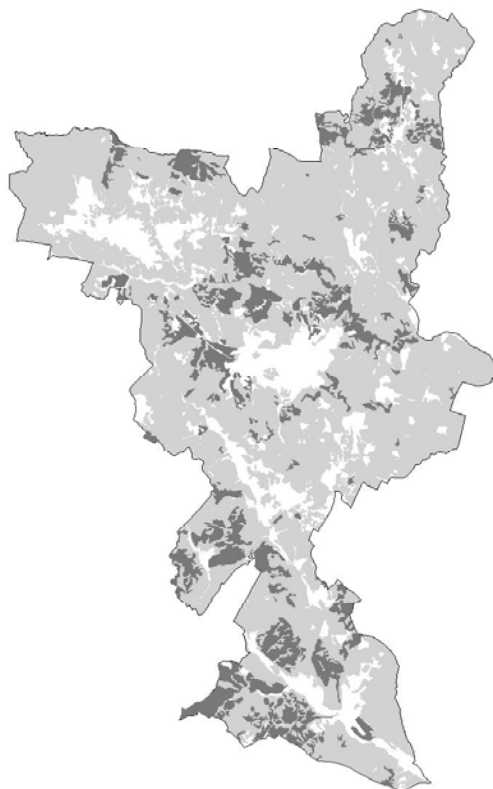
A área de mortalidade do sobreiro foi delimitada por fotointerpretação e observação de campo e definiu-se como área onde a ocorrência de sintomas de declínio no arvoredo como desfoliação, descoloração e redução da dimensão da copa das árvores atingisse mais de 5 árvores por hectare. Determinou-se um índice de mortalidade (IM) onde  $a_{ki}$  é a área do polígono  $i$  classificado como "com mortalidade" da classe  $k$ ,  $A_k$  é a área total dos polígonos da classe  $k$  e  $n$  é o número de polígonos "com mortalidade" da classe  $k$ , sendo que cada classe  $k$  pode ser um tipo de sistema agro-florestal ou um tipo de característica física da paisagem ou uma combinação dos dois (por exemplo, floresta de sobreiro ou declive):

$$IM = Int \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_{ki}}{A_k} \times 10 \right)$$

## Resultados e discussão

A área de mortalidade do sobreiro em S. Bartolomeu da Serra totalizou 834 hectares (cerca de 17% da área total ocupada pelo sobreiro) e apresenta-se dispersa por toda a área da freguesia

(Figura 1). A mortalidade do sobreiro está relacionada com as características físicas da paisagem e com o uso do solo. O padrão espacial do declínio mostrou, de modo consistente, que os atributos da estação que influenciam directamente a disponibilidade de água são factores chave para a mortalidade. Esse padrão está de acordo com resultados relatados para povoamentos de outros carvalhos (THOMAS *et al.*, 2002; KABRICK *et al.*, 2008) e de sobreiro (COSTA *et al.*, 2009b).



**Figura 1** - Área de sobreiro (cinzento claro) e área de mortalidade do sobreiro (cinzento escuro) em S. Bartolomeu da Serra

A mortalidade do sobreiro mostrou-se significativamente diferente para os três tipos de sistemas agro-florestais (Quadro 1). A mortalidade que ocorreu nas florestas densas de sobreiro e no montado de sobreiro tradicional correspondeu apenas a 13% (IM= 1) e 18% (IM = 2) da área total ocupada por estes sistemas agro-florestais, respectivamente, enquanto que a mortalidade do sobreiro nos incultos foi muito superior, e correspondeu a cerca de 50% (IM = 6) da área de ocupação deste sistema agro-florestal.

**Quadro 1** - Índice de mortalidade (IM) dos três sistemas agro-florestais discriminados pelo tipo de solo em S. Bartolomeu da Serra

Sistema agro-florestal	IM	Tipo de solo			
		LPx	LVx	AR	LPst
Floresta densa	1	1	1	1	2
Montado de sobreiro	2	2	2	-	9
Incultos	6	5	7	-	10

Nas áreas de extensificação de uso do solo (incultos), ou seja, onde se verificou a invasão de matos de porte arbustivo (por ex., *Cistus ladanifer*) das áreas de montado de sobreiro tradicional e das florestas é maior a incidência da mortalidade do sobreiro, quando comparada com as áreas de intensificação de uso do solo (florestas). Assim, a extensificação do uso do solo do montado de sobreiro, influenciou negativamente a vegetação do sobreiro como sugere BRASIER (1996).

A mortalidade do sobreiro foi também influenciada pelo tipo de solo (Quadro 1). De facto, nos LPx (sobre xistos) onde se concentrou a área de mortalidade do sobreiro (mais de 87% da área total de mortalidade) o IM foi igual a 2 enquanto que o valor máximo (IM = 6) foi encontrado para os LPst (sobre rochas sedimentares).

Os resultados do presente estudo sugerem que a mortalidade do sobreiro está associada à profundidade do solo. Nas formações xistentas, a menor espessura dos LPx pode estar na origem da maior incidência de mortalidade em relação aos LVx, apesar de ambos terem similares características químicas nos horizontes superficiais. Por outro lado, nos solos desenvolvidos sobre arenitos, os LPst (que mostraram a incidência máxima de mortalidade do sobreiro), a mortalidade é maior que a verificada nos AR, apesar destes apresentarem teor de matéria orgânica e fertilidade mais desfavoráveis. Assim, as características do material originário do solo deverão ter um importante papel na mortalidade do sobreiro porque ela foi mais acentuada nos solos desenvolvidos sobre arenitos (LPst) do que nos desenvolvidos sobre xistos (LPx). Em qualquer dos casos o material originário está próximo da superfície e a reduzida espessura do solo deverá influenciar negativamente o enraizamento profundo (FISHER e BINKLEY, 2000). Porém, os arenitos são compactos e não fracturados como os xistos (fracturação vertical) (INVERNO *et al.*, 1993), o que inibe o desenvolvimento de sistemas radicais profundos e reduzem o acesso à água das camadas profundas durante o período estival (MORENO *et al.*, 2005; DAVID *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2008).

Em relação às características fisiográficas da paisagem, de um modo geral, a mortalidade foi maior na exposição sul e ocorreu sobretudo em áreas de declive até 35% (Quadro 2). Os incultos apresentaram o IM mais elevado, com a máxima expressão nas áreas expostas a sul para classes de declive inferior a 5% (IM = 9). Por outro lado, o IM mais baixo foi estimado nas áreas de floresta densa, com o valor mínimo na exposição norte (IM=1).

A maior incidência de mortalidade de sobreiro observada nas áreas expostas a sul, comparativamente a outras orientações, corrobora as observações de CABRAL *et al.* (1992) e KABRICK *et al.* (2008) que sugerem um aumento do stress hídrico causado por uma radiação solar mais intensa. Porém, o efeito da exposição na mortalidade não está totalmente esclarecido, dado que CADIMA *et al.* (1995) não observaram qualquer correlação significativa entre a exposição e a mortalidade do sobreiro em regiões similares à da área de estudo.

A mortalidade mais elevada coincidiu com as áreas mais aplanadas, de menor declive, nos topos arredondados e no perfil convexo da paisagem mais ondulada. Esta tendência está de acordo com CABRAL *et al.* (1992) e CADIMA *et al.* (1995) que observaram maior mortalidade de sobreiro em classes de declive semelhantes. Em tais condições geomorfológicas, nas cumeadas arredondadas, deverá ocorrer um deficit de água mais acentuado devido à maior distância das raízes às águas de profundidade e correspondente maior dificuldade em aceder às reservas hídricas, o que deverá aumentar incidência da mortalidade nas árvores. Porém, quando a profundidade do solo permite o normal desenvolvimento radical, tal como nos AR, mesmo os localizados nas cumeadas, esse padrão não se verifica, tal como relatado por COSTA

*et al.* (2008). Resultados semelhantes foram encontrados por OAK *et al.* (1996) que concluíram existir uma maior incidência da mortalidade nos carvalhos quando em declives suaves, associados a condições de extrema secura.

**Quadro 2** - Índice de mortalidade (IM) dos três sistemas agro-florestais discriminados pelas características, exposição e declive em S. Bartolomeu da Serra

Sistema agro-florestal	Exposição				
Decilve	Sem	Norte	Este	Sul	Oeste
Florestas densas	1	1	1	2	1
<5%	1	1	2	2	2
>35%	1	1	1	2	1
Montado de sobreiro	2	2	2	2	1
<5%	2	0	3	1	2
>35%	3	1	1	0	1
Incultos	5	5	5	6	5
<5%	5	7	4	9	4
>35%	2	2	4	5	3

## Conclusões

Em S. Bartolomeu da Serra, de clima tipicamente mediterrânico com alguma influência atlântica, de relevo ondulado sobre formações xistentas, a mortalidade do sobreiro tem uma maior probabilidade de ocorrência nos sistemas agro-florestais predominantemente incultos, e/ou onde os solos são mais delgados, em exposições a sul e em declives mais aplanados nas cumeadas das ondulações do relevo. Isto é, onde pode existir menor disponibilidade de água para a árvore, quer por competição com outras espécies, quer por inibição do desenvolvimento radicular profundo, quer por difícil acesso à água subterrânea, que é a principal fonte de alimento para a sobrevivência durante o período de Verão.

## Bibliografia

- BRASIER, C.M., 1996. Phytophthora cinnamomi and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annals of Forest Science* **53**: 347-358.
- CABRAL, M.T., LOPES, F., SARDINHA R.M., 1993. Determinação das causas da morte do sobreiro nos concelhos de Santiago do Cacém, Grândola e Sines. Relatório Síntese. *Silva Lusitana* **1**(1): 7-24.
- CABRAL, M.T., FERREIRA, M.C., MOREIRA, T., *et al.*, 1992. Diagnóstico das causas da anormal mortalidade dos sobreiros a Sul do Tejo. *Scientia gerundensis* **18**: 205-214.
- CADIMA, I.S.P., CAPELO, J., GOMES, A.A., 1995. Relação entre variáveis ambientais, tipos de condução dos povoamentos e a mortalidade do sobreiro nos concelhos de Sines, Grândola e Santiago do Cacém. *Silva Lusitana* **3**(1): 85-107.
- COSTA, A., PEREIRA, H., OLIVEIRA, A.C., 2002. Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Annals of Forest Science* **59**: 429 - 437.
- COSTA, A., MADEIRA, M., OLIVEIRA A.C., 2008. The relationship between cork oak growth patterns and soil, slope and drainage in a cork oak woodland in Southern Portugal. *Forest Ecology and Management* **255**: 1525-1535.



- COSTA, A., PEREIRA, H., MADEIRA, M., 2009a. Landscape dynamics in endangered cork oak woodlands in Southwestern Portugal (1958-2005). *Agroforest Syst* DOI 10.1007/s10457-009-9212-3.
- COSTA, A., PEREIRA, H., MADEIRA, M., 2009b. Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Annals of Forest Science* (aceite para publicação).
- DAVID, T.S., HENRIQUES, M.O., KURZ-BESSON, C., *et al.*, 2007. Water-use strategies in two co-occurring Mediterranean evergreen oaks: surviving the summer drought. *Tree Physiology* **27**: 793-803.
- FISHER, F.R., BINKLEY, D., 2000. Ecology and management of forest soils. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons, United States of America.
- INVERNO, C.M.C., MANUPPELLA, G., ZBYSZEWSKI, G., *et al.*, 1993. Carta Geológica de Portugal na escala 1: 50000 – 42C. Notícia explicativa da Folha 42 C Santiago do Cacém. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- JOFFRE, R., RAMBAL, S., RATTE, J.P., 1999. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems* **45**: 57 - 79.
- KABRICK, J.M., DEY, D.C., JENSEN, R.G., *et al.*, 2008. The role of environmental factors in oak decline and mortality in Ozark Highlands. *Forest Ecology and Management* **255**:1409-1417.
- KURZ-BESSON, C., OTIENO, D., VALE, R.L., *et al.*, 2006. Hydraulic lift in cork oak trees in a savannah-type Mediterranean ecosystem and its contribution to the local water balance. *Plant & Soil* **282**: 361-378.
- MONIZ, M., TOMAZ, I., CABRAL, M., *et al.*, 1996. Avaliação da patogenicidade de *Phytophthora cinnamomi* Rands em sobreiro (*Quercus suber* L.). *Silva Lusitana* **4**: 79-88.
- MONTERO, M.J., OBRADOR, J.J., CUBERA, E., *et al.*, 2004. The role of dehesa land use on tree water status in Central-Western Spain. In: Schnabel, S. and Ferreira, A. (eds) Sustainability of agrosilvopastoral systems – dehesas, montados, pp. 125-136.
- MORENO, G., OBRADOR, J.J., CUBERA, E., *et al.*, 2005. Fine root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant and Soil* **277**: 153-162.
- OAK, S., TAINTER, F., WILLIAMS, J., *et al.*, 1996. Oak decline risk rating for the southeastern United States. *Annals of Forest Science* **53**: 721-730.
- OLIVEIRA, G., CORREIA, O.A., MARTINS-LOUÇÃO, M.A., *et al.*, 1992. Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions. *Vegetatio* **99-100**:199-208.
- PIMENTEL, L., 1953. Uma ameaça para os montados nacionais, Estudos e Informação 11:1-9. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Ministério da Economia, Lisboa.
- PINTO-CORREIA, T., MASCARENHAS, J., 1999. Contribution to the extensification /intensification debate: new trends in the Portuguese *montado*. *Landscape Urban Plann.* **46**:125-131.
- THOMAS, F.M., BLANK, R., HARTMANN, G., 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* **32**: 277-307.
- SPSS, 2008. SPSS 15.0 vs for Windows.SPSS Inc., Chicago.
- SROA, 1962. Carta de Solos de Portugal na escala 1:50 000. Folha 42C. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário. Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Economia, Lisboa.
- WRB, 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Reports 103, 2<sup>nd</sup> edition FAO, Rome.